



# Capital humain et croissance : l'apport des enquêtes internationales sur les acquis des élèves

Nadir Altinok

## ► To cite this version:

Nadir Altinok. Capital humain et croissance : l'apport des enquêtes internationales sur les acquis des élèves. *Economie publique : Etudes et recherches = Public economics*, 2006, 18-19 (2006/1-2), pp.177-209. halshs-00180957

**HAL Id: halshs-00180957**

**<https://shs.hal.science/halshs-00180957>**

Submitted on 30 Oct 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Capital humain et croissance : l'apport des enquêtes internationales sur les acquis des élèves

Nadir ALTINOK<sup>1</sup>

IREDU (Institut de Recherche sur l'Éducation)  
UMR 5192 CNRS/Université de Bourgogne  
Pôle AAFE - Esplanade Erasme - B.P. 26513  
F - 21065 Dijon Cedex (France)

**Résumé.** L'estimation de la relation entre éducation et croissance économique est traversée de contradictions. Celles-ci ont notamment souligné le manque de précision dans les indicateurs mesurant le capital humain. Cet article introduit de nouveaux indicateurs, construits à partir des enquêtes internationales sur les acquis des élèves. Ainsi, notre nouvelle base de données, qui regroupe 105 pays, permet de tester la relation entre éducation et croissance. Au final, après prise en compte de l'endogénéité de l'éducation, il en ressort un effet positif : les indicateurs qualitatifs du capital humain permettent d'expliquer la croissance économique des pays entre 1960 et 2000. L'estimation de la contribution de l'éducation à la croissance est significative, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif.

**Abstract.** The estimation of the relationship between education and economic growth is marked by contradictions. These contradictions underline the lack of precision characterising indicators of human capital. This paper constructs new indicators based on a pool of international surveys concerning pupil assessment. Thus, our new database, which includes 105 countries, makes it possible to confirm or not the positive relationship between education and growth. Taking into account the endogeneity of education, we measure a positive effect of qualitative indicators of human capital and the growth of countries between 1960 and 2000. The contribution of education to growth therefore appears significant, both from a quantitative and a qualitative point of view.

**Mots clés :** Qualité de l'éducation, capital humain, croissance, développement.

**Keywords :** Education quality, human capital, growth, development.

**Classification J.E.L. :** H5, I2, O4.

---

<sup>1</sup> Publié dans *Economie Publique – Public Economics*. 18-19 2006/1-2. Pages 177-209. Correspondance électronique : Nadir ALTINOK ([nadir.altinok@u-bourgogne.fr](mailto:nadir.altinok@u-bourgogne.fr)). L'auteur tient à remercier Jean Bourdon (IREDU, CNRS, Université de Bourgogne), Claude Diebolt (BETA, CNRS, Université Louis Pasteur Strasbourg), Marc Gurgand (PSE, CNRS), Francis Kramarz (CREST, INSEE), François Leclercq (DIAL, Université Paris I, Unesco), Katharina Michaelowa (CIS, Université de Zurich), Marie-Claude Pichery (LEG, CNRS, Université de Bourgogne), Alain Trannoy (EHESS), ainsi que deux rapporteurs anonymes pour leur aide dans l'amélioration de ce travail.

# 1. Introduction

La recherche portant sur les déterminants de la croissance économique a été l'un des plus importants maillons de la recherche en économie depuis le milieu des années quatre-vingts. Ce domaine de recherche a été remis à jour par les travaux sur la croissance endogène de Romer (1986) et de Lucas (1988) et par l'économétrie appliquée sur la croissance qui a débuté avec le test de l'hypothèse de convergence des économies (Baumol, 1986 ; Barro, 1991 ; Barro et Sala-i-Martin, 1992 ; Mankiw, Romer et Weil, 1992). Il faut également souligner la contribution importante relative à la mise à disposition de données internationales comparables sur le Produit intérieur brut (PIB), la productivité ou encore le capital humain (Summers et Heston, 1988 ; Barro et Lee, 1993, 1996, 2001). Dans les travaux sur la croissance endogène ainsi que ceux sur l'économétrie appliquée sur la croissance, le concept de capital humain, ou encore celui d'éducation, a été au centre des études les plus influentes (Lucas, 1988 ; Mankiw, Romer et Weil, 1992).

Pour autant, dans un article publié dans cette revue en 2000, Marc Gurgand soulignait les controverses concernant la relation éducation-croissance (Gurgand, 2000). Effectivement, malgré le nombre élevé d'études empiriques récentes, menées sur des données de comparaison internationale, l'hypothèse d'une relation claire et positive entre l'investissement en capital humain et la croissance économique est largement remise en question. Notons que dans cet article, nous considérons uniquement l'éducation dans la composante du capital humain. Certaines études de comparaison internationale ont montré que de nombreuses variables éducatives étaient un facteur déterminant de la croissance du PIB par tête des pays (Barro, 1991 ; Mankiw *et al.*, 1992). Cependant, les problèmes de données ont apporté de nombreuses limitations : les variables éducatives, telles que les taux de scolarisation ou le nombre moyen d'années scolaires sont des indicateurs imprécis de la mesure du capital humain relatif à l'éducation (Benhabib et Spiegel, 1994 ; Gurgand, 2000). Dans un article récent, Pritchett (2001) s'est même demandé « où est allée l'éducation ? » ou, en d'autres termes, à quoi servaient les dépenses publiques d'éducation.

Cet auteur dégage trois grandes explications pour comprendre pourquoi les analyses économétriques les plus robustes ne permettent pas de conclure à une relation stable et positive entre le capital humain et la croissance économique :

1. l'augmentation des salaires individuels peut conduire à une décroissance du pays si les nouveaux diplômés se dirigent en masse vers des secteurs "improductifs" tels que l'administration publique ;
2. si, malgré l'augmentation de la population éduquée, le secteur privé n'a pas besoin de nouveaux travailleurs qualifiés, une baisse non prévue du taux de rendement de l'éducation peut survenir *ex post* et, ainsi, la contribution de ce gain individuel peut être plus petite que l'aurait prédit le taux de rendement *ex ante* ;
3. La qualité de l'éducation peut être tellement faible qu'il n'y pas les compétences requises pour aboutir à une croissance économique.

La direction suivie par cette contribution est la prise en compte de cette dernière hypothèse. Suivant l'analyse de Hanushek et Kimko (2000), nous partons de l'idée qu'une année d'éducation dans un pays *i* n'a pas le même rendement qu'une année d'éducation dans un pays *j*. Ainsi, les études qui prennent uniquement en compte des indicateurs *quantitatifs* de l'éducation seraient biaisées, du fait qu'elles considèrent le capital humain comme un facteur de production homogène.

Nous proposons une nouvelle méthodologie permettant d'avoir des indicateurs qualitatifs du capital humain (IQCH) pour un plus grand nombre de pays, comparé aux études pionnières dans ce domaine (Hanushek et Kimko, 2000 ; Barro, 2001). En utilisant une méthodologie spécifique, nous avons compilé les résultats des pays dans les enquêtes internationales sur les acquis des élèves pour chaque domaine de compétence (mathématiques, sciences et lecture) et ce, pour les années les plus récentes. Notre objectif est d'avoir un indicateur synthétique de qualité du capital humain pour l'ensemble des pays et pour l'année la plus récente. La distinction de chaque domaine de compétence (mathématiques, sciences, lecture) a été effectuée, ce qui permet d'obtenir plusieurs dimensions à la qualité de l'éducation. Cette séparation nous a permis d'obtenir un total de 272 observations (respectivement 104, 79 et 89 pour les mathématiques, les sciences et la lecture). Le principal apport de notre étude est la prise en compte de nouveaux pays (la plupart des pays à revenu intermédiaire ou faible), tandis que les précédentes études se focalisaient presque exclusivement sur des pays à revenu élevé. Par exemple, notre base de données comprend 27 pays d'Afrique subsaharienne, là où les autres bases de données négligent souvent ce continent dans leurs analyses.

La section 2 présente les principales études qui ont été menées sur la relation entre l'éducation et la croissance économique. En section 3, nous dressons les sources de données et la méthodologie générale utilisée pour obtenir la base de données sur les indicateurs qualitatifs du capital humain. La section 4 procède à l'estimation de l'apport de la qualité de l'éducation à la croissance économique. Enfin, la section 5 conclut.

## **2. Revue de littérature**

Cette section dresse une brève revue de littérature sur la relation éducation-croissance, en s'appuyant surtout sur les analyses qualitatives de cette relation. Pour une revue plus complète, voir Gurgand (2000, 2006).

### 2.1. Les modèles initiaux mesurant l'éducation comme un flux

L'idée selon laquelle l'éducation contribuerait à la croissance constitue à la fois l'origine et l'aboutissement de la théorie du capital humain. Dans l'un des textes fondateurs, Theodore W. Schultz (1961) observe que l'éducation explique la plus grande partie de la productivité totale des facteurs, cette portion de la croissance que ni le capital physique ni le volume de travail ne parviennent à expliquer. Les modèles macroéconomiques estimés par des méthodes comptables puis économétriques ont pour point de départ l'introduction du capital humain dans une fonction de production agrégée, au même titre que le capital physique ou la quantité de travail.

Selon Aghion et Howitt (1998), on peut distinguer deux approches en terme d'éducation :

1. Lucas (1988) montre qu'il existe deux sources d'accumulation du capital humain : l'éducation et l'apprentissage par la pratique. Il reprend l'analyse de Becker (1964) pour qui la croissance est essentiellement déterminée par l'accumulation du capital humain (en termes de flux). Son analyse rejoint ainsi celles de Mankiw, Romer et Weil (1992) et de Barro (1991).
2. Nelson et Phelps (1966) montrent que le stock de capital humain est le principal moteur de la croissance et non la différence dans les taux : les écarts de croissance entre les pays

sont déterminés par les écarts entre leurs stocks de capital humain et de ce fait, par leurs capacités respectives à engendrer le progrès technique.

La principale difficulté pratique concerne la mesure du capital humain. En effet, afin d'introduire le capital humain comme facteur de production, il y a nécessité d'avoir des données en termes de stocks. Toutefois, comme le font Mankiw, Romer et Weil (1992), des *flux* d'investissement peuvent être utilisés, à condition d'introduire un modèle structurel de croissance et de supposer que ces économies sont proches de l'équilibre stationnaire. Ces auteurs considèrent la fonction de production suivante :

$$\log y = a \log k + b \log h + \log A \quad (1)$$

où  $y$  est le PIB par tête,  $k$  le capital physique par tête,  $h$  le capital humain par tête,  $A$  une constante et  $a$  et  $b$  les paramètres inconnus. L'accroissement du stock de capital humain par tête est décrit par :

$$h_{t+1} = h_t + I_b - (d - n)h_t \quad (2)$$

où  $I_b$  est l'investissement brut,  $d$  un taux de dépréciation du capital et  $n$  le taux de croissance de la population. Les résultats des deux grands classiques de cette littérature, Barro (1991) et Mankiw, Romer et Weil (1992) sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Les estimations sont effectuées en coupe transversale sur une centaine de pays et la variable expliquée est la croissance du PIB par tête entre 1960 et 1985. Afin de tester la convergence internationale des taux de croissance, les auteurs introduisent le niveau de PIB en 1960 et le taux d'investissement. Les auteurs mesurent l'éducation  $s$  par les taux bruts de scolarisation. Barro distingue l'éducation primaire et secondaire et retient la valeur de 1960, tandis que Mankiw, Romer et Weil utilisent une moyenne sur la période du taux brut de scolarisation secondaire rapporté à la population active<sup>2</sup>. Les effets sont significativement positifs (toutefois, ils ne le sont qu'au seuil de 10 % pour les pays de l'OCDE étudiés).

**Tableau 1 : Mesures en termes de flux du capital humain**

Auteurs	Estimations	Mesure de l'éducation	Spécification
Barro (1991)	Education Primaire    Secondaire	Taux de scolarisation en 1960	PIB en 1960, taux d'investissement, ratio des dépenses gouv. sur le PIB, mesures de la stabilité politique, déviation par rapport à l'indice moyen de parité des pouvoirs d'achat.
	0.0181    0.0225 (0.0060)    (0.0090)		
Mankiw et al. (1992)	Pays Non-pétroliers    OCDE	Taux de scolarisation secondaire rapporté à la population active, moyenne 1960-1985.	PIB en 1960, taux d'investissement, taille de la population.
	0.233    0.223 (0.060)    (0.144)		

Tableau extrait de Gurgand (2000). Source pour Mankiw *et al.* (1992) : tableau V, pour Barro (1991) : tableau IV. La variable expliquée est toujours le taux de croissance du PIB par tête sur la période 1960-1985, mesuré par la différence des logarithmes à ces deux dates. Ecart-types entre parenthèses.

<sup>2</sup> Le taux brut de scolarisation pour un niveau scolaire défini est égal au rapport entre le nombre d'élèves effectivement présents en classe et le nombre d'élèves qui devraient théoriquement être présents.

Directement inspirée de l'arbitrage entre éducation ou revenu immédiat du travail mis en avant par Becker (1964), la vision qu'a Lucas (1988) du capital humain est perçue comme une assimilation entre les capitaux physique et humain. Tout comme l'investissement en capital physique, l'investissement éducatif conduit à accroître un facteur de production, à savoir le capital humain. Cette accumulation permet la création de rendements directs pour ceux qui en sont le mieux dotés ; mais sa répartition et sa concentration doivent être analysées car, comme pour l'investissement physique, des phénomènes de seuils ou d'externalités existent et ils peuvent modifier le niveau et les formes d'appropriation du rendement. Ainsi, un des enseignements des travaux de Lucas serait qu'investir dans le primaire, en privilégiant une approche "rectangulaire", c'est-à-dire s'appuyant sur une éducation de masse, peut permettre au pays de connaître une croissance. Par conséquent, cet investissement aiderait le pays à sortir de la trappe de sous-développement dans laquelle il était piégé. Pour autant, ces spécifications présentent des limites.

## 2.2. Les difficultés actuelles à prouver le lien éducation-croissance

La limite principale de Lucas (1988), de Barro (1991) et de Mankiw, Romer et Weil (1992) repose sur l'hypothèse implicite que l'éducation exerce un effet identique sur tous les individus, comme l'est le facteur capital. Le produit marginal de l'éducation peut rester indéfiniment positif, sur toute la population. Cette assimilation du capital humain à un capital "classique" paraît contradictoire avec les faits.

Une autre limite tient au fait de l'endogénéité de l'éducation. En coupe transversale, il existe des différences structurelles entre les pays (institutionnelles, politiques...) qui peuvent expliquer les écarts dans la croissance et même dans l'accumulation du capital humain (Gurgand, 2000). Les spécifications de Lucas (1988), de Barro (1991) et de Mankiw, Romer et Weil (1992) attribueraient alors au capital humain l'effet sur le revenu de ces caractéristiques intrinsèques. Par exemple, l'introduction d'indicateurs régionales (pour l'Afrique et l'Amérique latine) conduit à faire chuter significativement certains des coefficients d'éducation (Barro, 1991).

Enfin, les auteurs supposent que les économies convergent vers leur équilibre stationnaire et en sont peu éloignés. Pour que cela soit vrai, il faudrait que le taux d'épargne  $s$  soit constant sur la période 1960-1985, ce qui reviendrait à supposer que les pays en développement ne soient justement pas en développement.

Certains auteurs ont alors tenté d'estimer directement des fonctions de production agrégées, de manière à produire des résultats robustes aux hypothèses économiques sur la nature des équilibres. Divers auteurs (Kyriacou, 1991, Lau, Jamison et Louat, 1991, Lau, Bhalla et Louat 1991, Barro et Lee, 1993 et Nehru, Swanson et Dubey, 1995) ont tenté de constituer des données de stock de capital humain permettant des comparaisons internationales sur longue période.

L'approche de l'article pionnier de Nelson et Phelps (1966) s'est appuyée sur ces données de stock, en principe mieux adaptées. En effet, l'hypothèse de proximité de l'équilibre stationnaire peut être relâchée. Et si l'hypothèse selon laquelle l'endogénéité de l'éducation peut être traitée en termes d'effets fixes (les caractéristiques non observées des pays, corrélées à l'éducation, sont pour l'essentiel invariantes dans le temps), alors l'estimation de taux de croissance supprime directement le biais d'endogénéité.

Par exemple, l'étude de Pritchett (2001) est à cet égard très intéressante. Il reprend la fonction de production de Solow augmentée au (XXXX : « au » ou « du » ? « augmentée au » n'est pas français) capital humain :

$$Y_t = A(t) * K_t^{\alpha_k} * H_t^{\alpha_h} * L_t^{\alpha_l} \quad (3)$$

Après une log-linéarisation et une mise en taux de croissance, nous trouvons :

$$\hat{y} = \hat{a} + \alpha_k * \hat{k} + \alpha_h * \hat{h} + \varepsilon \quad (4)$$

Pritchett utilise les données de stocks collectées par Barro et Lee (1993) et de Nehru *et al.* (1995) afin de construire une estimation du nombre d'années scolaires de la force de travail. Barro et Lee (1993) tentent d'estimer la scolarisation de la population de 25 ans en utilisant des données de recensement ou d'enquêtes emploi quand elles sont disponibles afin d'obtenir un panel complet d'observations tous les cinq ans pour la période 1960-1985, pour un grand nombre de pays, et lorsque les données manquent, il les remplace par les taux bruts de scolarisation. Nehru *et al.* (1995) tentent de répertorier tous les taux bruts d'achèvement et de les combiner avec les stocks d'éducation de la force de travail, créant par là des observations annuelles sur la période 1960-1987. A partir de ces données, Pritchett dégage une mesure du capital scolaire en utilisant notamment la spécification microéconomique des salaires développée par Mincer (1974). En utilisant les données recensées par Psacharopoulos (1993) sur les taux de rendement, Pritchett calcule la croissance du capital éducatif en se servant de la relation précédente, des données récoltées par Barro et Lee (1993) ou Nehru *et al.* (1995), tout en considérant l'hypothèse selon laquelle  $r$  est égal à 10 % pour toutes les années d'éducation. En plus de ces données d'éducation, il utilise deux séries sur l'accumulation de l'investissement et des estimations sur le niveau initial du stock de « capital » (King et Levine, 1994, Nehru et Dharaeswar, 1993). La variable dépendante est le taux de croissance du PIB par travailleur issu de la base Penn World Table 5 (PWT5). Les résultats des estimations en termes de « comptabilité de la croissance » sont reportés dans le tableau 2. De façon assez surprenante, l'estimation de l'impact de la croissance du capital éducatif sur le taux de croissance du revenu par travailleur est négatif (-0.049) et non significatif ( $t=1.07$ ).

**Tableau 2 : La controverse de Pritchett concernant l'impact de l'éducation sur le taux de croissance du PIB**

<i>Variable indépendante</i>	<i>MCO</i>
Croissance du capital éducatif par travailleur	-0.049 (1.07)
Croissance du capital physique par travailleur	0.524 (12.8)
Nombre de pays	91
R <sup>2</sup>	0.653

Source : Pritchett (2001). Les nombres entre parenthèses représentent les ratios  $t$  de significativité.

D'autres études parviennent à des résultats similaires. Benhabib et Spiegel (1994) utilisent un modèle classique de comptabilité de la croissance qui inclut le revenu par tête initial et les

estimations d'espérance d'années d'études dérivées de Kyriacou (1991) pour aboutir à un coefficient négatif pour le taux de croissance du nombre d'années d'études. Lau, Jamison et Louat (1991) donnent également des conclusions intéressantes concernant notamment l'Afrique subsaharienne. En estimant les effets de l'éducation par niveau scolaire (primaire contre (opposé à ?) secondaire) pour cinq régions, ils trouvent que le niveau primaire a un effet négatif en Afrique et dans les pays du Moyen-Orient-Afrique du Nord, non significatifs en Asie du Sud et en Amérique Latine, et positif seulement en Asie de l'Est.

S'inscrivant dans le même ordre d'idées, Islam (1995) met en œuvre des méthodes de panel plus complexes. Il estime une forme intermédiaire dans laquelle le capital humain est mesuré directement en stock tandis que le capital physique est introduit à travers le taux d'investissement. Les résultats de cet auteur donnent à penser que l'inversion des conclusions tient moins au changement de modèle (méthode d'équilibre *versus* fonction de production) qu'à la prise en compte des effets fixes par la deuxième génération d'estimations. Les résultats de cette estimation sont proches de ceux de Pritchett, puisque l'on est conduit à supposer une relation négative de l'éducation sur la croissance et de manière significative.

Ainsi, lorsque les méthodes économétriques les plus robustes sont utilisées, il devient impossible de faire apparaître une relation positive entre le capital humain et la croissance ou le niveau du produit agrégé, quelle que soit la spécification économique retenue (Gurgand, 2000). Les analyses de Pritchett (2001) et de Benhabib et Spiegel (1994) soulignent cette absence de relation entre croissance et éducation. Plus surprenant encore, ces modèles démontrent que l'éducation agit négativement sur le revenu agrégé, parfois de façon très significative.

### 2.3. La prise en compte de la dimension qualitative de l'éducation

Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, Pritchett a donné trois grandes explications à la difficulté de trouver une relation positive entre capital humain et croissance. L'une des explications s'avère être la nécessaire distinction entre *quantité* et *qualité* de l'éducation. En effet, la plupart des études utilisent des indicateurs strictement *quantitatifs* du capital humain. Seules quelques études prennent en compte, de façon encore partielle, la qualité de l'éducation.

Hanushek et Kimko (2000), dans un souci d'appréhension plus précise de la qualité du capital humain, mesurent celui-ci par les résultats des élèves aux différents tests internationaux sur les acquis en mathématiques et en sciences. Ils construisent alors une mesure standardisée de la qualité de la force de travail pour 31 pays, couvrant la période 1960-1990. Les auteurs ont utilisé les enquêtes de l'IEA (International Association of the Evaluation of Educational Achievement) et de l'IEAP (International Assessment of Educational Progress). Au total, vingt-six séries de performances éducatives ont été prises en considération (en distinguant les âges, le domaine de compétence [à savoir seulement les mathématiques et les sciences], et les années). Les auteurs ont alors procédé à une régression du taux de croissance annuel moyen avec le taux de croissance initial (1960), un indicateur *quantitatif* de l'éducation, le taux de croissance annuel moyen de la population et leur indicateur relatif à la *qualité* de l'éducation. Leur estimation souligne une relation négative et significative du niveau de revenu initial ; un coefficient positif mais non significatif pour l'indicateur *quantitatif* de l'éducation ; un coefficient positif et très significatif concernant l'indicateur *qualitatif* de l'éducation ; enfin, un coefficient négatif mais non significatif pour le taux de croissance annuel moyen de la population. Après une analyse de la causalité, ils



montrent qu'il y a bien un effet positif et significatif de la qualité de l'éducation sur le taux de croissance de l'économie.

Une autre contribution qui reporte directement la mesure de la qualité de l'éducation dans un modèle de croissance est celle de Barro (2001). Les données proviennent des mêmes sources que celles de Hanushek et Kimko. Cependant, Barro construit des indicateurs différents selon le domaine de compétence (mathématiques, sciences et lecture). Ces indicateurs ne sont disponibles que pour une période et sont introduits dans une régression de panel. Barro reprend comme spécification celle qu'il avait utilisée dans un article antérieur (Barro, 1997). Du fait du nombre restreint de pays disposant d'indicateurs qualitatifs de l'éducation, l'échantillon est plus réduit et ne concerne que 43 pays. Sa méthode d'estimation inclut trois équations dans lesquelles la variable dépendante est le taux de croissance annuel réel du PIB par habitant en parité de pouvoir d'achat pour les périodes 1965-75, 1975-85 et 1985-90. Barro utilise alors de nombreuses variables de contrôle telles qu'un indice de justice (*rule-of-law index*), un indicateur de commerce international, un indicateur d'inflation, de fertilité... Afin d'éviter d'éventuels problèmes d'endogénéité, l'auteur utilise la méthode des triples-moindres-carrés pour résoudre un modèle avec trois équations simultanées. Les résultats montrent que la qualité de l'éducation est plus importante que la quantité mesurée par les niveaux moyens d'achèvement du secondaire et du supérieur. Confirmant les idées de Hanushek et Kimko, Barro trouve un coefficient positif mais non significatif pour l'indicateur de quantité de l'éducation, tandis que celui de la qualité de l'éducation a un coefficient positif et fortement significatif.

### 3. Données et méthodologie

Cette section présente la nature des données utilisées afin d'obtenir les indicateurs qualitatifs du capital humain (IQCH). Par la suite, nous présentons la méthodologie générale utilisée afin d'homogénéiser ces données et de pouvoir les utiliser directement dans les régressions.

#### 3.1. Données utilisées

Les niveaux cognitifs des élèves peuvent être mesurés à travers les résultats aux enquêtes internationales sur les acquis. Ces enquêtes ont mis en place des procédures spécifiques afin de mesurer les niveaux de compétence en mathématiques, sciences et lecture, en administrant à plusieurs milliers d'élèves par pays des questionnaires à la fois adaptés aux contextes locaux et permettant une comparaison internationale (standardisation internationale des tests). Ainsi, ces enquêtes, dans la mesure où leur échantillonnage est adéquat, peuvent mesurer les variations internationales dans les connaissances cognitives des élèves et ainsi, distinguer les différences dans la qualité de la future force de travail.

Nous avons utilisé les résultats les plus récents issus de 6 groupes d'enquêtes internationales différentes (IEA, PISA, SACMEQ, PASEC, LABORATORIO et MLA<sup>3</sup>). Contrairement à Barro (2001), nous n'effectuons pas une approche en termes de panel. Elle rejoint ainsi davantage l'approche d'Hanushek et Kimko (2000), tout en distinguant chacun des domaines de compétence (mathématiques, science et lecture) et en augmentant le nombre de pays. Le choix de ces enquêtes demande des explications. Les analyses précédentes ont

---

<sup>3</sup> Pour la signification des sigles, voir la note du Tableau 3.

utilisé des enquêtes allant de 1961 à 1995, sans s'interroger sur la qualité de celles-ci. Par exemple, Barro a pris les résultats de réussite à tous les tests disponibles, entre ces deux dates, et, ce, pour tous les domaines de compétence. Hanushek et Kimko ont réalisé une certaine prise en compte de la qualité des données en pondérant les résultats bruts par les erreurs types. Mais ils ont effectué un re-calibrage des données uniquement en se basant sur l'enquête nationale américaine d'évaluation scolaire (NAEP - National Assessment of Evaluational Progress). Ils ont alors supposé que les résultats issus de cette enquête suffisaient à effectuer un ancrage global des données.

Certaines enquêtes ont été réalisées dans des pays en développement et tentent de mesurer la qualité de l'éducation dans des pays qui sont en général en dehors des évaluations effectuées par les grandes enquêtes internationales initiales. Bien que le niveau d'exigence pour ces enquêtes soit critiquable, elles représentent une source de données indispensable afin d'inclure des pays très pauvres dans les comparaisons internationales. La qualité des enquêtes de l'IEA a été très critiquée par l'OCDE, dans la mesure où les questionnaires donnés aux élèves étaient trop basés sur les résultats américains. Le lancement de PISA par cette institution témoigne que, malgré l'avancée de ces dernières années dans les méthodes d'échantillonnage, les enquêtes restent imprécises dans leur mesure du capital humain<sup>4</sup>. Ainsi, il reste clair que les enquêtes internationales ne peuvent à elles seules expliquer la qualité du capital humain. Cependant, elles constituent une source unique pour une comparaison des systèmes éducatifs, au-delà des simples indicateurs quantitatifs à l'exemple du taux d'achèvement d'un cycle scolaire.

L'ensemble des enquêtes utilisées et les informations principales relatives à celles-ci sont résumées dans le tableau 3. Pour une description plus approfondie de ces enquêtes, voir notamment Beaton *et al.* (1999) et Bourdon (2005).

**Tableau 3. Présentation des enquêtes internationales sur les acquis des élèves (enquêtes utilisées)**

<i>Enquête Numéro</i>	<i>Organisme-Enquête</i>	<i>Année(s) de référence</i>	<i>Nombre de pays</i>	<i>Domaine testé</i>	<i>Nature des pays participants</i>
1	IEA-TIMSS	1995, 1999, 2003	64	Mathématiques, sciences	Pays développés, en développement
2	IEA-PIRLS	2001	35	Lecture	Pays développés, en développement
3	OCDE-PISA	2003	41	Mathématiques, sciences, lecture	Pays développés, en développement
4	UNESCO- LABORATORIO	1997	13	Mathématiques, lecture	Pays d'Amérique latine
5	CONFEMEN-PASEC	1995-2005	10	Mathématiques, lecture	Pays d'Afrique francophone
6	UNESCO-SACMEQ	1999, 2002	14	Mathématiques, lecture	Pays d'Afrique anglophone
7	UNESCO-MLA	1992-1997	11	Mathématiques, sciences, lecture	Pays d'Afrique essentiellement

Abréviations: IEA (International Association of the Evaluation of Educational Achievement), TIMSS (Third International Mathematics and Science Study), PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study), OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), PISA (Programme for International Student Assessment), UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), CONFEMEN (Conference of Francophone Education Ministers), PASEC (Programme on Analysis of Education Systems), SACMEQ (Southern and Eastern Africa Consortium for Monitoring Educational Quality), MLA (Monitoring Learning Achievement).

<sup>4</sup> En effet, que mesurent réellement les enquêtes internationales : les compétences réelles des élèves qu'ils peuvent mettre en oeuvre dans le processus productif ou simplement la vérification de leur aptitude à répliquer les acquis dans le cursus scolaire ?

Il faut remarquer que les enquêtes utilisées ne font pas toujours référence au même niveau éducatif. Tandis que certaines enquêtes mesurent les compétences des élèves du secondaire (IEA-TIMSS, PISA, IEA), d'autres s'effectuent au niveau primaire (IEA-PIRLS, LABORATORIO, PASEC, SACMEQ, MLA). Plus généralement, les enquêtes mesurant les compétences des élèves des pays riches sont celles qui se concentrent sur le secondaire, tandis que les autres enquêtes préfèrent mesurer les compétences au niveau primaire. Une autre différence vient du fait que certaines évaluations observent des élèves de même âge (PISA), d'autres des élèves de même niveau scolaire (IEA, LABORATORIO, PASEC, MLA). Cette distinction classe différemment les pays selon l'ampleur du redoublement, qui peut être considérable dans les pays en développement. Malgré leur existence, ces limites modifient peu la procédure de re-calibrage dans la mesure où la plupart des pays ayant participé à l'enquête PISA ont également des résultats dans l'enquête de référence IEA.

### 3.2. Méthodologie générale

Cette contribution prolonge les travaux effectués par Hanushek et Kimko et ceux de Barro. Afin d'améliorer notre compréhension de l'impact du capital humain sur la croissance économique, nous avons utilisé 6 groupes d'enquêtes internationales d'analyse des compétences des élèves. Un regroupement de ces enquêtes a été effectué sur des échelles communes. La méthode utilisée se base sur la prise en compte des pays qui participent à plusieurs enquêtes simultanément et par le biais de leurs résultats, nous procédons à un ancrage des enquêtes les unes avec les autres. Nous pouvons trouver dans Mingat (2003) une méthodologie assez similaire d'ancrage des données relatives aux enquêtes des acquis des élèves en Afrique subsaharienne. A l'issue de ces procédures, nous obtenons des indicateurs qualitatifs du capital humain (IQCH) pour trois domaines de compétences (mathématiques, sciences, lecture).

Cette approche permet, dans une certaine mesure, de faire réellement fi des différences qui peuvent exister entre les enquêtes, en dehors des résultats aux tests. Cette hypothèse est questionnable : nous supposons dans notre ajustement que le système éducatif d'un pays ayant participé à deux enquêtes est identique et qu'ainsi nous pouvons comparer les compétences mesurées. Cette hypothèse est valable si nous nous référons à la variable temporelle (les enquêtes utilisées ont été effectuées dans une période assez proche), mais discutable quant au niveau scolaire mesuré. Pour autant, au vu du manque de données internationales sur la qualité de l'éducation, nous acceptons cette hypothèse.

En annexe, nous présentons la méthodologie utilisée pour construire notre base de données. Afin d'obtenir un indicateur synthétique de la qualité du capital humain, la moyenne arithmétique des scores dans les trois domaines a été effectuée. Les indicateurs statistiques usuels des IQCH sont présents en annexe 2. L'ensemble des données est disponible sur demande.

## 4. Modèle et résultats

Cette section dresse les estimations effectuées concernant la relation éducation-croissance. Dans le premier paragraphe, nous estimons un modèle simple, puis avec des variables de contrôle. Dans le second paragraphe, nous prenons en compte la possible endogénéité de l'éducation en recourant à un système à équations simultanées.

### 4.1. Modélisation de la relation éducation-croissance avec variables de contrôle

Pour évaluer la contribution de l'éducation à la croissance économique, deux grandes approches se déclinent. La première approche donne à l'éducation une place identique au capital physique dans la production : le stock de capital accumulé détermine les possibilités de production à une date donnée. En conséquence, le *taux de croissance* de l'économie est affecté par le *taux de croissance* du niveau scolaire (Benhabib et Spiegel, 1994 ; Pritchett, 2001). La seconde approche propose que les activités de recherche-développement (R&D), en accumulant un stock immatériel d'idées et de connaissances, permettent d'augmenter l'efficacité avec laquelle il est possible de produire des richesses à partir de capital et de travail (Romer, 1990). En élevant le niveau d'éducation, donc le nombre de travailleurs très qualifiés qui peuvent participer à cette accumulation de savoirs, le rythme des découvertes est augmenté ; ceci renforçant les possibilités de croissance des économies. L'éducation peut avoir un autre rôle : favoriser non plus les innovations technologiques, mais leur adaptation. Nelson et Phelps (1966) ont très tôt suggéré que les technologies les plus performantes sont adoptées et mises en œuvre plus rapidement par les économies les plus riches en capital humain. Dans cette approche, c'est le *niveau* d'éducation qui élève le *taux de croissance* de l'économie, en accélérant l'assimilation du progrès technique. En conséquence, si un pays consacre, une année, plus de ressources à l'éducation et augmente ainsi son stock de capital humain, cela aura pour effet d'augmenter le taux de croissance de l'économie. D'après l'approche de Nelson et Phelps, il se peut que l'éducation augmente également la capacité à effectuer des choix strictement économiques, notamment à allouer convenablement des ressources. Cette seconde approche suppose donc que le rendement de l'éducation est d'autant plus élevé qu'il existe des opportunités importantes d'imitation et d'adaptation des technologies dans un univers instable. Dans leur récent rapport du Conseil d'analyse économique (CAE), Aghion et Cohen (2004) articulent ces deux mécanismes en distinguant les économies d'imitation des économies d'innovations. Les premières doivent investir prioritairement dans les niveaux scolaires favorisant les imitations et la mise en œuvre des nouvelles techniques, soit l'enseignement primaire et secondaire. On y trouve les pays à revenu faible et intermédiaire. Pour connaître une croissance, les secondes doivent contribuer à l'innovation technologique et disposer pour cela d'une masse importante de main-d'œuvre qualifiée. Cela justifie un investissement important dans l'enseignement supérieur permettant de soutenir la croissance économique. Les pays développés font partie de ce second groupe d'économies.

Afin de mesurer l'impact de l'éducation sur la croissance, nous avons choisi ce deuxième type d'approche, car il rejoint l'analyse pionnière de Nelson et Phelps (1966) que nous avons également utilisée pour construire nos données. Supposons  $K$ , le stock de capital physique,  $E$  le stock d'éducation, et  $t$  un indicateur de temps. Alors la relation éducation-croissance s'écrit :

$$(\log y_t - \log y_{t-1}) = aE_{t-1} + b(\log K_t - \log K_{t-1}) \quad (5)$$

Nous avons introduit dans un premier temps une variable éducative quantitative ( $S$ ) représentant le nombre moyen d'années scolaires entre 1960 et 2000 pour chaque pays. Afin de contrôler l'effet de convergence économique, nous avons introduit le PIB par tête en 1960 ( $Y60$ ) ou pour l'année la plus proche disponible. Dans les estimations suivantes, nous introduisons successivement le taux de croissance démographique ( $DEMO$ ) et l'indicateur qualitatif du capital humain ( $IQCH$ ) pour les trois domaines de compétences. Ainsi, nous obtenons une base de données distinguant chacun des domaines de compétences<sup>5</sup>. Afin de vérifier l'éventuelle colinéarité entre les variables explicatives (dont les deux variables éducatives), nous avons calculé l'indicateur d'inflation de la variance (*Variance Inflation Factor*, VIF) sous le logiciel STATA. Une valeur inférieure à 10 souligne que la colinéarité entre les variables est tolérable. Dans la totalité des estimations, la colinéarité ne semble pas de nature à biaiser le modèle.

Les résultats issus du tableau 4 montrent des coefficients stables selon les spécifications et sont du signe attendu pour l'ensemble des variables. Le revenu initial a un impact négatif sur le taux de croissance annuel, ce qui confirme l'hypothèse de convergence des économies. Lorsque le taux de croissance démographique est introduit, nous constatons qu'un point de pourcentage plus élevé de ce taux diminue le taux de croissance annuel d'environ 0,7 point. Cette relation a certainement une double relation de causalité, un pays d'autant plus riche pouvant avoir un comportement de réduction de la natalité. Les deux indicateurs éducatifs ( $S$  et  $IQCH$ ) ont un impact significatif et positif sur le taux de croissance annuel (colonne 3). L'inclusion des  $IQCH$  augmente de manière importante la part expliquée du modèle général en le faisant passer de 40 à 56 % entre les colonnes (1) et (3) et de 49 à 58 % entre les colonnes (2) et (4). Comparativement, ces conclusions rejoignent celles obtenues par Hanushek et Kimko (2000) et Barro (2001)<sup>6</sup>. Concernant la variable quantitative de l'éducation, les deux principales études ont trouvé des coefficients positifs, mais non significatifs, tandis que les coefficients sont positifs et significatifs dans nos estimations. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que nous incluons un nombre de pays plus élevé, et surtout, des pays en développement. Cet élargissement à un plus grand nombre de pays renforce ainsi notablement les relations entre éducation et croissance, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

Afin d'avoir une comparabilité entre les coefficients, nous utilisons les variations d'écart-type<sup>7</sup>. Une augmentation d'un écart-type de l' $IQCH$  (environ 17 points) entraîne une augmentation d'environ 0,9 point de pourcentage du taux de croissance annuel. Ainsi, la différence de croissance entre la Corée du Sud et la Grèce (3,18 % de croissance annuelle pour la Grèce contre 6,08 % pour la Corée du Sud) peut notamment trouver une explication à travers la qualité de l'éducation : là où l' $IQCH$  pour la Grèce n'est que de 82,8, celui de la Corée du Sud est de 96,3. Comparativement, l'augmentation d'un écart-type de la quantité d'éducation (2,3 années) accroît d'un point de pourcentage le taux de croissance annuel. Par conséquent, non seulement le nombre d'années scolaires exerce un impact sur la croissance,

<sup>5</sup> Afin de permettre la possibilité de constantes spécifiques selon les domaines de compétences, nous avons introduit des variables indicatrices, dont les valeurs sont significatives.

<sup>6</sup> Nous ne pouvons pas comparer directement les variances expliquées de notre modèle avec celui de Hanushek et Kimko (2000) ou encore celui de Barro (2001), car les bases de données sont différentes. En effet, nous avons un nombre de pays largement plus élevé (105 pays contre 31 pour le premier article et 43 le second).

<sup>7</sup> Le calcul de l'impact d'une augmentation d'un écart-type d'un indicateur sur le taux de croissance annuel moyen se fait en multipliant le coefficient obtenu pour l'indicateur par l'écart-type de cet indicateur dans l'échantillon entier. Voir Wooldridge (2006, p195)

mais la qualité de l'éducation a une influence tout autant importante. Il faut toutefois ici tempérer l'amplitude de ces coefficients, pour une double raison. Tout d'abord, si l'éducation crée des externalités positives, alors le coefficient associé à nos indicateurs peut être sur-estimé. Du fait de variables omises, le coefficient associé aux indicateurs éducatifs peut englober d'autres facteurs. Nous tentons de vérifier cette hypothèse dans le tableau 5. Par ailleurs, comme le soulignent Bils et Knelow (2000), il peut exister une double relation de causalité entre éducation et croissance : si l'éducation a certainement un impact sur la croissance économique, celle-ci a tout aussi probablement un effet retour sur l'éducation. Dans ce cas, le coefficient trouvé pourrait expliquer une relation de causalité inverse entre éducation et croissance. Nous prenons en compte cette hypothèse dans le prochain paragraphe.

L'inclusion dans l'estimation (4) de la variable démographique ne modifie pas la significativité des coefficients et maintient un rôle non négligeable aux *IQCH*. Avec l'introduction d'un indicateur qualitatif de l'éducation, l'effet quantitatif de l'éducation diminue d'environ 50 %. Certains pays ayant un important stock d'éducation n'auraient pu connaître une croissance économique forte (par exemple les États-Unis, l'Australie, les Pays-Bas), du fait de leur *relative* basse qualité de l'éducation, tandis que d'autres ont connu le chemin inverse (Singapour, Hong-Kong, Corée du Sud). Il est cependant possible que d'autres facteurs aient déterminé ces différentiels de croissance.

La relative meilleure qualité du capital humain dans les pays de l'Asie du sud et de l'est peut sans doute expliquer leur meilleure réussite en termes de croissance économique (World Bank, 1995). Cette différence de croissance économique peut également être expliquée par un phénomène de convergence économique selon l'approche de Solow. Dans l'estimation (5), nous avons introduit une indicatrice relative au continent de l'Asie du Sud et de l'Est. Le coefficient associé à cette variable est positif mais non significatif. Les variables éducatives restent significatives quant à elles. On peut conclure que la croissance des pays d'Asie n'est pas totalement due à une « valeur asiatique » (définie par des caractéristiques culturelles et religieuses, voir Stevenson, 1992, 1993) mais également à des systèmes éducatifs performants pour ces pays. Lorsque nous introduisons la variable indicatrice relative à l'Afrique subsaharienne (colonne 6), le coefficient est négatif, mais non significatif : la faible croissance de certains pays africains peut probablement s'expliquer par la faiblesse de la qualité de leurs systèmes éducatifs.

Enfin, en colonne 7, nous effectuons une combinaison entre l'indicateur quantitatif de l'éducation  $S$  et les *IQCH* ( $S_{IQCH}$ ). En procédant ainsi, nous testons si le ré-ajustement du nombre moyen d'années scolaires par la qualité de l'éducation peut améliorer notre mesure de l'éducation, en supposant qu'une année scolaire dans un pays considéré n'était pas identique à une même année dans un autre pays. La valeur obtenue en calculant  $IQCH / 100 \times S$  peut donc être considérée comme un nombre moyen d'années scolaires ajusté à la qualité de l'éducation. Le résultat est que le coefficient associé à cette variable est positif et significatif. Une augmentation d'un écart-type de cet indicateur (soit environ 0,83 année scolaire corrigée par les *IQCH*) permet une augmentation de 1,5 point du taux de croissance annuel. Cet effet est plus important que le seul effet de l'indicateur de quantité d'éducation : l'ajustement d'un indicateur quantitatif d'éducation par les *IQCH* peut permettre d'améliorer l'impact de l'éducation sur la croissance. Comme souligné plus haut, il faut pour autant rester assez prudent sur l'amplitude de ce coefficient.

**Tableau 4. Estimation de l'apport de l'IQCH à la croissance économique**  
**(Variable expliquée : Taux de croissance annuel du PNB entre 1960 et 2000 \*100)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variables explicatives							
Log(PIB initial) ( <i>Y60</i> ) [1000\$]	-1,582 (0,552)	-1,866 (0,528)	-1,547 (0,436)	-1,723 (0,452)	-1,547 (0,489)	-1,705 (0,464)	-1,458 (0,262)
Croissance annuelle de la population ( <i>DEMO</i> )		-0,730 (0,172)		-0,430 (0,173)	-0,504 (0,165)	-0,426 (0,173)	-0,545 (0,167)
Quantité d'éducation ( <i>S</i> )	0,702 (0,151)	0,594 (0,152)	0,393 (0,157)	0,378 (0,154)	0,318 (0,166)	0,368 (0,160)	
Qualité de l'éducation ( <i>IQCH</i> )			0,058 (0,012)	0,048 (0,013)	0,043 (0,011)	0,045 (0,016)	
<i>IQCH/100*S</i> ( <i>S<sub>IQCH</sub></i> )							1,703 (0,239)
Indicatrice Asie ( <i>IND_ASIE</i> )					0,664 (0,480)		
Indicatrice Afrique subsaharienne ( <i>IND_ASS</i> )						-0,199 (0,548)	
Constante	0,101 (0,399)	2,293 (0,614)	-2,395 (0,554)	-0,706 (0,894)	-0,154 (0,747)	-0,393 (1,286)	-5,040 (1,353)
Observations	191	191	192	192	192	192	192
R-deux ajusté	0,40	0,49	0,56	0,58	0,60	0,58	0,60
Test VIF S	2,91	3,23	4,37	4,39	5,09	4,64	
Test VIF IQCH			2,94	2,71	2,95	3,73	
Test Mean VIF	2,91	2,77	2,35	3,15	3,16	3,32	2,15

Remarques : L'estimation est de type Moindres Carrés Ordinaires avec correction de l'hétéroscédasticité selon la méthode de White et correction des écarts-types avec la méthode de segmentation (cluster). Les erreurs types robustes selon la méthode de White et corrigés selon la méthode de segmentation (cluster) figurent entre parenthèses. Dans les trois dernières lignes, les tests de multicollinéarité liés au *Variance Inflation Factor* (VIF) sont effectués pour les indicateurs éducatifs et l'ensemble du modèle. Des valeurs inférieures à 10 soulignent que la multicollinéarité dans le modèle est tolérable. Les sources des données sont disponibles en annexe 2.

Dans la tradition de Levine et Revelt (1992), nous introduisons dans la spécification une variété d'autres mesures communes en économie afin de vérifier si les coefficients associés aux *IQCH* n'englobent pas des variables omises dans les spécifications précédentes. Le tableau 5 inclut une série d'autres indicateurs explicatifs présents dans les analyses précédentes de l'analyse de la croissance (voir Aghion et Howitt, 2000). Les indicateurs supplémentaires sont le ratio entre les dépenses en matière de défense et en éducation exprimés en pourcentage du *PNB* (*DEFENSE*), le taux d'investissement privé en pourcentage du *PNB* (*INVPRI*) et le taux d'ouverture de l'économie mesuré par la part des échanges commerciaux avec l'extérieur en pourcentage du *PNB* (*COMMERCE*). Comme indiqué précédemment, la relation de causalité entre ces facteurs et la croissance est sujette à caution. Pour autant, notre intérêt principal est la sensibilité de notre indicateur qualitatif de l'éducation avec l'introduction de ces variables clés (voir Levine et Revelt, 1992, Levine et Zervos, 1993). Nous avons reproduit en colonne (1) l'estimation classique avec les *IQCH*. L'introduction de variables-clés modifie certes l'amplitude des *IQCH* et de *S* sur la croissance, mais ces derniers restent positifs et significatifs. En effet, le coefficient associé aux *IQCH* est divisé par deux lorsque des variables de contrôle sont introduites : par

conséquent, l'augmentation d'un écart-type de la qualité de l'éducation induit une variation du taux de croissance annuel d'environ 0,6 point, ce qui reste encore très important. Les trois indicateurs, *DEFENSE*, *INVPRI* et *COMMERCE* ont les signes attendus et sont significatifs.

Un résultat intéressant est illustré dans la colonne 7. Lorsque la combinaison de la *quantité* et la *qualité* de l'éducation est effectuée ( $S_{IQCH}$ ), nous observons une augmentation significative de la relation éducation-croissance : une variation d'un écart-type de  $S_{IQCH}$  (environ 2,32 années) augmente le taux de croissance annuel moyen de 0,72 point alors que l'augmentation du seul indicateur quantitatif de l'éducation augmentait la croissance de 0,36 point (colonne 4).

**Tableau 5. Estimation augmentée de l'apport de l'IQCH à la croissance économique  
(Variable expliquée : Taux de croissance annuel du PNB entre 1960 et 2000 \*100)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variables explicatives							
Log(PIB initial) ( $Y_{60}$ ) [1000\$]	-1,723 (0,452)	-1,597 (0,442)	-1,390 (0,389)	-1,195 (0,351)	-1,691 (0,291)	-0,954 (0,187)	-1,220 (0,205)
Croissance annuelle de la population ( <i>DEMO</i> )	-0,430 (0,173)	-0,495 (0,182)	-0,454 (0,146)	-0,422 (0,140)	-0,619 (0,146)	-0,424 (0,137)	-0,542 (0,156)
Quantité d'éducation ( $S$ )	0,378 (0,154)	0,245 (0,168)	0,235 (0,141)	0,139 (0,132)	0,335 (0,109)		
Qualité de l'éducation ( <i>IQCH</i> )	0,048 (0,013)	0,039 (0,014)	0,032 (0,010)	0,024 (0,011)	0,041 (0,010)	0,031 (0,011)	
$IQCH/100*S$ ( $S_{IQCH}$ )							0,947 (0,301)
Dépenses en défense ( <i>DEFENSE</i> )		-8,612 (2,497)		-5,545 (2,399)		-5,512 (2,399)	-4,753 (2,624)
Taux d'investissement privé ( <i>INVPRI</i> )			13,641 (3,373)	14,052 (3,632)		14,735 (3,539)	10,904 (3,929)
Taux de couverture ( <i>COMMERCE</i> )					1,335 (0,460)		0,687 (0,339)
Constante	-0,706 (0,894)	1,580 (0,969)	-1,263 (0,698)	0,196 (0,957)	-0,489 (0,651)	0,078 (0,941)	-2,603 (1,884)
Observations	192	164	175	161	178	161	157
R-deux ajusté	0,59	0,57	0,71	0,72	0,65	0,72	0,70
Test VIF S	4,39	4,49	4,84	4,77	4,65		
Test VIF IQCH	2,71	3,31	3,07	3,47	2,94	2,92	
Test Mean VIF	3,15	3,08	3,08	2,95	2,92	1,95	2,24

Remarques : Voir note du tableau 4.

#### 4.2. Analyse de la relation de causalité entre l'éducation et la croissance

La croissance permet d'augmenter les ressources d'un État et une part de celles-ci peut se diriger vers l'investissement en capital humain. Ainsi, les relations estimées précédemment peuvent surestimer l'impact causal de la qualité de l'éducation sur le taux de croissance.



Considérons le système suivant :

$$g_i = X_i\beta + \gamma IQCH_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

$$S_i = W_i\alpha + \eta g_i + \rho IQCH_i + \tau_i \quad (7)$$

$$IQCH_i = Z_i\psi + \chi g_i + \nu_i \quad (8)$$

La croissance ( $g_i$ ) d'une nation  $i$  est déterminée par la qualité de l'éducation ( $IQCH$ ) et une série d'autres facteurs ( $X$ ) [équation 6], tandis que la croissance contribue également avec d'autres facteurs  $W$  à déterminer directement la quantité d'éducation ( $S$ ) [équation 7] et la qualité d'éducation ( $IQCH$ ) [équation 8]. Cependant, si les ressources combinées à d'autres facteurs ( $Z$ ) déterminent la qualité de l'éducation [équation 8], alors la simple estimation de l'équation 6 ne donnera pas le véritable impact de la qualité de l'éducation sur la croissance ( $\gamma$ ). Cette seule équation peut tout aussi bien refléter l'impact de la croissance sur la qualité de l'éducation. Le raisonnement est similaire pour la quantité d'éducation. Par conséquent, l'endogénéisation de l'éducation permettrait de vérifier si nous mesurons bien l'impact de l'éducation sur la croissance, et non l'inverse.

Dans l'équation 7, nous considérons que la croissance a un impact direct sur la quantité d'éducation. Par ailleurs, la qualité de l'éducation peut également contribuer à augmenter la quantité d'éducation : de meilleures écoles peuvent augmenter sensiblement le nombre d'années scolaires d'une population, par hausse de la demande d'éducation, notamment en diminuant les taux d'abandon. D'autres facteurs jouent également dans la détermination de la quantité d'éducation. Nous avons choisi comme facteurs potentiels les dépenses éducatives au primaire ( $DEPPRI$ ), les taux nets de scolarisation au primaire ( $TNSPRI$ ) et la taille des classes au primaire ( $TEAPRI$ ).

L'équation 8 considère de façon similaire que le taux de croissance peut expliquer directement la qualité de l'éducation. Par ailleurs, une série de facteurs pouvant améliorer la qualité de l'éducation est introduite. Ceux-ci sont identiques à ceux utilisés dans l'équation 7, à la différence que sont inclus le taux d'abandon scolaire ( $DROPPRI$ ) et le taux de redoublement au primaire ( $REPPRI$ ), facteurs pouvant influencer notablement la qualité de l'éducation.

Après avoir vérifié l'endogénéité probable des indicateurs éducatifs<sup>8</sup>, nous recourons à l'estimation d'un système à trois équations simultanées. Les termes d'erreurs  $\varepsilon_i$  où  $i = g, S, IQCH$  sont distribués selon une loi normale et identiquement distribués de variance  $\sigma_i^2$ . Une corrélation des termes d'erreurs est vraisemblable entre l'équation du taux de croissance et celles des indicateurs éducatifs. La prise en compte de la corrélation entre les

---

<sup>8</sup> Nous avons tout d'abord utilisé le test de Hausman entre le modèle MCO et celui TMC. Afin de confirmer les résultats, nous avons tenté de voir si les variables  $S$  et  $IQCH$  étaient bien endogènes dans les spécifications des pages précédentes. Pour ce faire, nous avons régressé une à une ces variables avec les autres variables (en incluant celles apparaissant dans les équations 7 et 8). Puis, nous avons régressé l'estimation classique en MCO en ajoutant à la spécification les résidus issus de la précédente estimation. Si le coefficient associé à ce résidu est significatif, alors la variable en question est potentiellement endogène. Les deux variables  $S$  et  $IQCH$  ont donné des résultats soulignant leur probable endogénéité. Voir Wooldridge (2006, p. 532) pour la méthode utilisée.

termes d'erreurs nécessite le recours à la méthode d'estimation des triples moindres carrés (TMC). Cette méthode d'estimation consiste en une estimation de chaque équation par les doubles moindres carrés avec une corrélation des termes d'erreurs (et utilise les résidus de la première étape pour estimer la liaison entre les aléas des différentes équations, Grenne, 2005, p.391).

Les résultats des différentes estimations sont présentés dans le tableau 6. La principale information est que les deux indicateurs de l'éducation ont des coefficients positifs et significatifs.

L'estimation de la colonne (1) ne prend pas en compte l'endogénéité de l'éducation et reprend les résultats du tableau 5. Dans la colonne (2), nous n'avons pris en compte que les équations (10) et (11), afin de tester si l'indicateur quantitatif  $S$  possédait un impact sur la croissance : le coefficient associé à cette variable est positif et significatif. Les estimations des colonnes (3) et (4) incluent les trois équations. On constate que lorsque la qualité de l'éducation est prise en compte, l'effet de la quantité de l'éducation est diminué d'environ 30 % : par conséquent, la quantité d'éducation a un rôle dans l'explication de la croissance, mais la qualité des systèmes éducatifs explique tout autant la croissance. Ainsi, l'augmentation d'un écart-type de la qualité de l'éducation (environ 17 points) augmente d'environ 1 point le taux de croissance annuel moyen entre 1960 et 2000, lorsque l'effet du taux de croissance sur la qualité de l'éducation est pris en compte.

Les autres indicateurs, de signe attendu, sont significatifs, à l'exception des variables de population et de celle associée aux dépenses de défense et d'éducation dans les colonnes (3) et (4) qui ne sont pas significatives.

Dans la colonne (7), nous avons combiné les deux variables éducatives, à savoir  $S$  et  $IQCH$  afin de voir si lorsque nous corrigeons le nombre moyen d'années scolaires par la *qualité* des systèmes éducatifs ( $S_{IQCH}$ ), l'effet de l'éducation sur la croissance est modifié ou non.

Le système devient alors :

$$g_i = X_i\beta + \gamma S_{IQCH,i} + \varepsilon_i \quad (9)$$

$$S_{IQCH,i} = W_i\alpha + \eta g_i + \nu_i \quad (10)$$

Le coefficient associé à cette variable  $S_{IQCH}$  est positif et significatif. Plus précisément, son amplitude est plus élevée que celle de  $S$  seule : ainsi, lorsque la *qualité* de l'éducation est prise en compte, l'effet de l'éducation sur la croissance est augmenté d'environ 50 % : l'augmentation d'une année du nombre moyen d'années scolaires ajusté à la qualité de l'éducation entraîne l'augmentation d'environ 0,7 point le taux de croissance annuel (colonne 5).

**Tableau 6. Estimation de l'apport de l'IQCH à la croissance économique avec variables endogènes**  
**(Variable expliquée : Taux de croissance annuel du PNB entre 1960 et 2000 \*100)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Variables explicatives					
Log(PIB initial) ( <i>Y60</i> ) [1000\$]	-1,715 (0,265)	-2,212 (0,238)	-2,166 (0,275)	-1,708 (0,253)	-1,059 (0,139)
Croissance annuelle de la population ( <i>DEMO</i> )	-0,421 (0,112)	-0,729 (0,120)	-0,274 (0,245)	-0,120 (0,179)	-0,571 (0,112)
Quantité d'éducation ( <i>S</i> )	0,370 (0,096)	0,625 (0,107)	0,528 (0,171)	0,346 (0,141)	
Qualité de l'éducation ( <i>IQCH</i> )	0,051 (0,009)		0,058 (0,035)	0,056 (0,026)	
IQCH/100*S ( <i>S<sub>IQCH</sub></i> )					0,959 (0,269)
Dépenses en défense ( <i>DEFENSE</i> )		-7,563 (1,903)	-2,567 (3,559)	-3,008 (2,726)	-7,106 (1,741)
Investissement privé ( <i>INVPRI</i> )				9,565 (2,257)	8,915 (1,810)
Taux de commerce ( <i>COMMERCE</i> )		1,413 (0,240)	1,142 (0,281)		
Constante	-0,729 (0,616)	2,373 (0,679)	-2,400 (2,591)	-2,835 (1,810)	-1,948 (1,583)
Observations	192	157	152	153	138
Test de Hausman CHI <sup>2</sup> (Degrés de liberté)		26,28(7)	21,93(6)	24,94(8)	35,75(7)
P-Value		0,0004	0,0012	0,0016	0,0000

Remarques : La méthode d'estimation est celle des triples moindres carrés dans un système à trois équations simultanées, sauf pour la colonne 1 qui est une estimation des moindres carrés ordinaires. Nous n'avons reproduit que les résultats issus de la première équation, à savoir l'équation 7 décrite dans le texte. Les erreurs types robustes selon la méthode de White apparaissent entre parenthèses. Les sources des données sont disponibles en annexe 2.

## 5. Conclusion

À travers toutes les explications de la croissance économique des pays, l'une d'entre elles le plus souvent acceptée, est le niveau de capital humain. Cette évidence a toutefois rencontré de nombreuses incohérences dans la littérature existante. Les approches macro-économiques les plus robustes apportent des contradictions dans la relation éducation-croissance. Pritchett (2001) montre que très souvent l'impact de l'éducation sur la croissance est négatif et de manière significative. Pour autant, la plupart des études ont ignoré le caractère qualitatif du capital humain, en ne s'appuyant que sur des indicateurs purement quantitatifs.

La prise en compte des enquêtes nationales ou internationales sur les acquis des élèves en mathématiques, sciences et lecture peut permettre de combler ce manque de mesure qualitative. Hanushek et Kimko (2000) et Barro (2001) ont emprunté ce chemin qualitatif, mais sans exploiter l'ensemble des enquêtes internationales et pour seulement un échantillon

de 36 pays pour le premier et 43 pays pour le second. Dans ce travail de recherche, nous avons utilisé une méthode qui nous a permis d'avoir des indicateurs qualitatifs du capital humain (*IQCH*) pour environ 105 pays, et pour chaque domaine de compétence (mathématiques, sciences, lecture). Par conséquent, notre échantillon regroupe davantage de pays en développement que les deux principales études existantes dans ce domaine.

L'estimation de la relation éducation-croissance montre le rôle positif joué à la fois par la quantité de l'éducation que par la qualité de celle-ci : lorsque les *IQCH* sont pris en compte, l'effet quantitatif diminue, mais reste significatif. Quelles que soient les spécifications retenues (avec ou sans variables de contrôle), l'effet qualitatif de l'éducation est toujours positif et significatif sur le taux de croissance de l'économie.

Un problème important a dû être pris en compte : la croissance économique jouant également un rôle dans l'explication de la qualité des systèmes éducatifs, il a fallu recourir à un modèle à équations simultanées. La prise en compte de la possible endogénéité de l'éducation – *via* les deux indicateurs éducatifs – a permis de distinguer la double relation causale possible entre éducation et croissance. Avec cette endogénéisation, l'effet de l'éducation sur la croissance se maintient, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. L'éducation a donc un effet réel sur le taux de croissance de l'économie.

Néanmoins, l'effet estimé de la qualité de l'éducation sur la croissance semble surestimé : en effet, nos résultats montrent que l'augmentation d'un écart-type de la qualité de l'éducation entraîne l'augmentation d'un point du taux de croissance annuel moyen. Comme l'indiquent Hanushek et Kimko (2000), il n'y a pas de relation directe et claire entre des différences de productivité dans les gains d'individus de nations différentes et la croissance économique de celles-ci. Il serait tout à fait possible que la qualité de l'éducation génère des externalités positives et entraîne alors les pays sur un sentier de croissance plus élevé. Cet argument souligne la possibilité de variables omises dans les équations de croissance, mais nous avons peu d'information sur leur nature. En incluant un certain nombre d'entre elles (dépenses en matière de défense, taux de couverture, taux d'investissement privé), l'effet qualitatif et quantitatif de l'éducation a diminué, mais reste positif.

Il convient donc de rester prudent sur la mesure de l'effet de l'éducation sur la croissance. Cependant, en confirmant les analyses précédentes ayant utilisé des indicateurs qualitatifs, nous pouvons en conclure que la qualité de l'éducation est un facteur important de la croissance. Il resterait alors à déterminer les facteurs pouvant améliorer la qualité de l'éducation et entraîner ainsi la croissance économique des pays.

## Bibliographie

- Aghion, P. et E. Cohen. 2004. *Éducation et Croissance*, La Documentation française, Paris.
- Aghion, P. and P. Howitt .1998. *Endogeneous Growth Theory*, MIT Press, Cambridge.
- Barro, R.J. 1991. "Economic Growth in a Cross Section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 151, 407-443.
- Barro, R.J. 2001. "Education and Economic Growth", in Helliwell, J.F. (ed), *The Contribution of Human and Social Capital to Sustained Economic Growth and Well-Being*, OECD, chapter 3, 14-41.

- Barro, R.J. and J.W. Lee. 1994. *Dataset for a Panel of 138 Countries*. Disponible à l'adresse :<http://www.nber.org/pub/barro.lee/> (30/11/2005).
- Barro, R.J. and J.W. Lee. 1996. "International Measures of Schooling Years and Schooling Quality", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 86, 218-223.
- Barro, R.J. and J.W. Lee. 2001. "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications", *Oxford Economic Papers*, 53-3, Academic Research Library, 541-563.
- Barro, R.J. and S.I. Martin, X. 1992. "Convergence", *Journal of Political Economy*, 100, 223-251.
- Baumol, W.J. 1986. "Productivity Growth Convergence and Welfare: What Do the Long-Run Data Show?", *American Economic Review*, 86(2), 218-223.
- Beaton, A.E., T.N. Postlethwaite, K.N. Ross, D. Spearrit and R.N. Wolf. 1999. "The Benefits and Limitations Educational Achievements", Unesco, International Institute for Educational Planning, Paris.
- Becker, G. 1964. *Human Capital*, New York, Columbia University Press.
- Benhabib, J. and M. Spiegel. 1994. "The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data", *Journal of Monetary Economics*, vol. 34, 143-179.
- Bils, M. and P.J. Knelow. 2000. "Does Schooling Cause Growth?", *American Economic Review*, 90(5), 1160-1183.
- Bourdon, J. 2005. "Les apports des études internationales pour évaluer l'efficacité de l'école dans les pays en développement", chapitre 4 in Baye A., M. Demeuse, *L'évaluation des systèmes éducatifs*, De Boeck, Bruxelles. 73-93.
- Coleman, J.S, E.Q. Campbell, C.J. Hobson , J. McPartland, A. M. Mood, F.D. Weinfeld and R.L. York. 1966. *Equality of Educational Opportunity*, Washington, D.C, U.S. Government Printing Office.
- Gurgand, M. 2000. "Capital humain et croissance : la littérature empirique à un tournant ?", *Economie Publique*, vol. 6, 71-93.
- Gurgand, M. 2006. *Économie de l'Éducation*, La Découverte, Repères, Paris.
- Hanushek, E.A. and D.D. Kimko. 2000. "Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations", *American Economic Review*, Vol. 90, Issue 5, December, 1184-1208.
- Heston, A., R. Summers and B. Aten. 2002. *Penn World Table Version 6.1*, Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania (CICUP). Données disponibles à l'adresse : [http://pwt.econ.upenn.edu/php\\_site/pwt61\\_form.php](http://pwt.econ.upenn.edu/php_site/pwt61_form.php) (30/11/2005).
- Islam, N. 1995. "Growth Empirics: A Panel Data Approach", *Quarterly Journal of Economics*, 110(4), 1127-70.

King, R. and R. Levine. 1994. "Capital Fundamentalism, Economic Development, and Economic Growth", *Carnegie-Rochester Series on Public Policy*, 40, 259-300.

Kyriacou, G. 1991. "Level and Growth Effects of Human Capital: A Cross-Country Study of the Convergence Hypothesis", Mimeo, *New York University Economic Research Report n.91-26*. New York.

Lau, L.J., S. Bhalla and F. Louat. 1991. "Human and Physical Stock in Developing Countries: Constructon of Data and Trends", mimeo, World Bank, Washington D.C.

Lau, L.J., D.T. Jamison, and F. Louat. 1991. "Education and Productivity in Developping Countries: An Aggregate Production Function Approach", *Working Papers Series 612*, World Bank, Washington D.C.

Levine, R. and D. Renelt. 1992. "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions", *American Economic Review*, 82, 4, 942-963.

Lucas, R.E. 1988. "On the Mecanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.

Mankiw, N., D. Romer and D. Weil. 1992. "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quaterly Journal of Economics*, vol. 107, 407-437.

Mincer, J. 1974. *Schooling, Experience, and Earnings*, Columbia University Press, New York.

Mingat, A. 2003. "Analytical and Factual Elements for a Quality Policy for Primary Education in Sub-Saharan Africa in the Context of Education for All", Working document, ADEA Biennal Meeting 2003, Mauritius.

Nelson, R. and E. Phelps. 1966. "Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth", *American Economic Review*, n°61, 69-75.

Nehru, W. and A. Dhareshwar. 1993. "A New Database on Physical Capital Stock : Sources, Methodology and Results", *Revista de Analysis Economico*, 8(1), 37-59.

Nehru, V., E. Swanson, and A. Dubey. 1995. "A New Database on Human Capital Stocks in Developing and Industrial Countries : Sources, Methodology and Results", *Journal of Development Economics*, vol. 46, n°2, 379-401.

Pritchett, L. 2001. "Where Has All the Education Gone ?", *World Bank Economic Review*, vol.15, 367-391.

Pritchett, L. and D. Filmer. 1999. "What Education Production Function Really Show: A Positive Theory of Education Expenditures", *Economics of Education Review*, 18(2), 223-39.

Psacharopoulos, G. 1993. "Returns to Investment in Education: A Global Update", *Policy Research Paper 1067*, World Bank, Washington, D.C.

Romer, P. 1990. "Endogeneous Technical Change", *Journal of Political Economy*, n°98, 71-102.

Stevenson, W.H. 1992. "Learning from Asian Schools", *Scientific American*, 267, 70-76.

Stevenson, W.H., C. Chen and S.-Y. Lee. 1993. "Mathematics Achievement of Chinese, Japanese, and American Children: Ten Years Later", *Science*, 259, 53-58.

Summers, R. and A. Heston. 1988. "A New Set of International Comparisons of Real Product and Price Levels Estimates for 130 Countries, 1950-85", *Review of Income and Wealth*, 34, 1-26.

World Bank. 1995. *World Development Report 1995 : Workers in an Integrating World*, Oxford University Press for the World Bank, Washington D.C.

World Bank. 2002. *World Development Indicators 2002 CD ROM*, Washington D.C.

Zellner, A. 1962. "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Society*, 57, 348-368.

## Annexe 1 : Méthodologie de construction des indicateurs qualitatifs du capital humain

Cet annexe décrit la méthodologie utilisée pour calculer les indicateurs qualitatifs du capital humain. Nous présentons ici la démarche effectuée pour le domaine des mathématiques.

En premier lieu, nous avons recherché les pays qui avaient participé à au moins deux enquêtes différentes, afin d'obtenir une comparabilité entre les enquêtes. Nous avons toujours choisi les enquêtes de l'IEA comme enquêtes de référence, étant donné qu'elles recouvrent le plus grand nombre de pays, sont réputées pour leur qualité d'échantillonnage et que le niveau économique des pays est le plus hétérogène. Nous présentons ici la méthodologie générale, avec une application aux mathématiques et à l'ajustement entre l'enquête MLA et IEA-TIMSS.

Nous avons utilisé plusieurs enquêtes de l'IEA et non seulement l'enquête TIMSS de 2003. Dans le but d'une meilleure comparabilité avec les autres enquêtes, nous avons décidé de n'utiliser que les données portant sur la huitième année scolaire pour l'enquête TIMSS déclinée sur trois années (1995, 1999, 2003).

Puis, en reprenant la moyenne arithmétique des pays ayant participé à la fois aux enquêtes 1995 et 2003, nous avons re-calibré les pays qui n'ont participé qu'à l'enquête de 1995, sans participation à celle de 2003 (16 pays dans ce cas). Nous avons effectué la même opération, mais cette fois-ci pour les pays qui n'ont participé qu'à l'enquête TIMSS 1999, et non à celle de 2003 (5 pays concernés). Ainsi, en recalculant la moyenne pour les 3 pays ayant participé aux enquêtes 1995 et 1999 et en regroupant les données des trois années, un indice des compétences de TIMSS a pu être obtenu pour 64 pays.

Toutes les enquêtes ont été mises à une échelle de 0-100, en supposant que le résultat du pays qui avait obtenu le plus grand score était égal à 100. Ce résultat nous permet d'effectuer un re-calibrage entre les enquêtes.

$$(x_{ij}^{\bar{k}})_{ajusté} = \frac{x_{ij}^{\bar{k}}}{\max(x_{ij}^{\bar{k}})} \times 100 \quad (\text{A.1})$$

où  $x_{ij}^{\bar{k}}$  constitue le résultat ajusté à l'enquête  $i$  pour le pays  $j$  dans le domaine  $k$ . L'indice  $i$  regroupe 6 grands groupes d'enquêtes (SACMEQ, MLA, PASEC, LABORATORIO, PISA, IEA). L'indice  $j$  regroupe l'ensemble des pays participants aux différentes enquêtes. L'indice  $k$  renvoie au domaine de compétence mesuré (mathématiques, sciences, lecture). Ainsi, l'équation (9) montre que le résultat ajusté  $(x_{ij}^{\bar{k}})_{ajusté}$  est obtenu en divisant chaque résultat de l'enquête  $i$  initial  $x_{ij}^{\bar{k}}$  par la valeur maximale de cette enquête  $\max(x_{ij}^{\bar{k}})$ , multiplié par 100.

À partir de ces indices TIMSS, les pays qui avaient participé à TIMSS et à au moins une autre enquête ont servi pour le re-calibrage. Toutes les enquêtes comprennent des pays qui ont participé à TIMSS et à une autre enquête au moins, à l'exception de l'enquête PASEC pour laquelle aucun pays n'a participé à TIMSS. Ainsi, en effectuant un appariement sur la moyenne des pays ayant participé à deux enquêtes (que nous appellerons "doublons"), nous avons effectué un re-calibrage de chaque enquête, selon son niveau de comparabilité, par



rapport à l'enquête référence de l'IEA (TIMSS). Cela nous a permis le calcul d'indices de passage d'une enquête donnée à l'enquête de référence.

$$\bar{x}_{i,doublons_n}^{\tilde{k}} = \frac{x_{i,doublons_1}^{\tilde{k}} + x_{i,doublons_2}^{\tilde{k}} + \dots + x_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}}{n} \quad (A.2)$$

L'équation (A.2) explique l'opération effectuée afin d'obtenir la moyenne des doublons pour chaque enquête que nous notons  $\bar{x}_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}$ . Celle-ci est obtenue en effectuant la moyenne des résultats des pays doublons, c'est-à-dire ceux qui ont participé à la fois à l'enquête de référence IEA et à l'autre enquête que nous désirons ajuster.

L'équation (A.3) exprime la même opération effectuée pour l'enquête de référence IEA :

$$\bar{x}_{IEA,Pays_n}^{\tilde{k}} = \frac{x_{IEA,Pays_1}^{\tilde{k}} + x_{IEA,Pays_2}^{\tilde{k}} + \dots + x_{IEA,Pays_n}^{\tilde{k}}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{IEA,Pays_n}^{\tilde{k}}}{n} \quad (A.3)$$

Dans leur travail, Hanushek et Kimko ont pris en compte l'effet de dispersion. Il ont alors réajusté les moyennes par les erreurs type. Cette pondération considère qu'une grande erreur de mesure conduit à une moindre information en matière de performance du pays considéré. Bien que cette méthode permette en partie d'éliminer les éventuels biais d'estimation et qu'elle intègre la variabilité des compétences à l'intérieur des pays, elle suppose que le calcul des erreurs-type soit comparable entre les enquêtes et dans le temps. Si cette hypothèse est plutôt acceptable pour une même enquête, elle devient impraticable si nous nous référons à plusieurs enquêtes de nature très différente et pour l'année la plus récente. Cette pondération accentue l'effet de moyenne puisqu'elle élimine partiellement la variabilité d'un résultat. La prise en compte de l'écart type dans la pondération des moyennes, bien qu'elle apporte une correction dans la variabilité des résultats, est tout aussi difficile à utiliser dans le cas de comparaison entre enquêtes de nature différente. D'un point de vue économique, l'hypothèse d'une pondération par un indicateur de variabilité rejoint l'idée de Lucas (1988) selon laquelle les inégalités de compétences scolaires ont un impact sur la croissance économique. Notre approche s'axe davantage sur l'hypothèse de Nelson et Phelps (1966) qui suppose que les inégalités en matière éducative n'entravent pas la relation éducation-croissance, mais au contraire peuvent la renforcer, au moins dans un premier temps.

Dans une prochaine étape, l'indice de passage d'une enquête  $i$  à l'enquête ajustée par rapport à l'enquête de référence de l'IEA est calculé. Celui-ci s'effectue en divisant la moyenne de l'enquête de référence  $\bar{x}_{IEA,Pays_n}^{\tilde{k}}$  par la moyenne de l'enquête d'ajustement  $\bar{x}_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}$  (équation A.4).

$$Indice_{IEA,i}^{\tilde{k}} = \frac{\bar{x}_{IEA,Pays_n}^{\tilde{k}}}{\bar{x}_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}} = \frac{x_{IEA,Pays_1}^{\tilde{k}} + x_{IEA,Pays_2}^{\tilde{k}} + \dots + x_{IEA,Pays_n}^{\tilde{k}}}{x_{i,doublons_1}^{\tilde{k}} + x_{i,doublons_2}^{\tilde{k}} + \dots + x_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{IEA,Country_n}^{\tilde{k}}}{\sum_{i=1}^n x_{i,doublons_n}^{\tilde{k}}} \quad A.4)$$

Enfin, nous procédons au calcul des valeurs de l'enquête initiale ajustée par rapport à l'enquête de référence. Celui-ci s'effectue en multipliant le résultat initial du pays  $j$  à l'enquête  $i$  pour le domaine  $k$   $(x_{ij}^k)_{ajusté}$  par l'indice de référence correspondant, à savoir  $Indice_{IEA, \tilde{i}}^{\tilde{k}}$  (équation A.5). Une procédure spécifique a été utilisée pour l'enquête PASEC puisqu'aucun des pays participant à celle-ci n'a effectué l'enquête de référence IEA. Afin de contourner ce problème, nous avons dû passer par un ajustement de la même nature au travers de l'enquête MLA.

$$\hat{x}_{ij}^{\tilde{k}} = (x_{ij}^k)_{ajusté} \times Indice_{IEA, \tilde{i}}^{\tilde{k}} \quad (A.5)$$

A la suite de toutes ces procédures, nous avons obtenu la totalité des résultats en mathématiques pondérés par rapport à l'enquête TIMSS. Puis, chaque fois que certains pays disposaient des résultats ajustés à plusieurs enquêtes, nous avons effectué la moyenne arithmétique de ces résultats (équation A.6).

$$\hat{\bar{x}}_{\tilde{j}}^{\tilde{k}} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{x}_{ij}^{\tilde{k}}}{n} \quad (A.6)$$

Le même type de procédure a été effectué en ce qui concerne la mesure des compétences en science et en lecture. Afin d'obtenir un indicateur synthétique de la qualité du capital humain, la moyenne arithmétique des scores dans les trois domaines a été effectuée. L'ensemble des données est disponible sur simple demande.

## Annexe 2. Source des données utilisées

<i>Indicateur</i>	<i>Source</i>	<i>Abréviation</i>	<i>Pays</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PIB par habitant en 1960 (en milliers de dollars constants 1996 chain series)	Penn World Tables 6,1 ; Heston, Summers et Aten (2002)	<i>Y60</i>	110	3,29	4,35	1,12	30,39
Taux de croissance annuel moyen période 1960-2000	Penn World Tables 6,1 ; Heston, Summers et Aten (2002)	<i>PNB</i>	109	1,80	1,70	-2,05	7,03
Taux de croissance annuel démographique	Penn World Tables 6,1 ; Heston, Summers et Aten (2002)	<i>DEMO</i>	111	1,93	0,96	-0,10	4,49
Variable quantitative de l'éducation : nombre moyen d'années scolaires des personnes entre 15 et 25 ans	Barro et Lee (2001) augmenté avec Unesco (2004)	<i>S</i>	165	4,55	2,37	0,16	10,88
Variable qualitative de l'éducation : indicateurs qualitatifs du capital humain	Voir texte pour la méthode						
	IQCH Mathématiques	<i>IQCH-M</i>	104	69,80	16,58	22,69	100
	IQCH Sciences	<i>IQCH-S</i>	79	80,71	13,03	42,21	100
	IQCH Lecture	<i>IQCH-L</i>	89	72,24	20,39	23,71	100
Ratio des dépenses gouvernementales en défense et éducation sur le PNB	Easterly et Rebelo (1993)	<i>DEFENSE</i>	95	0,11	0,05	0	0,24
Taux d'investissement moyen en % du PNB	Barro et Lee (1994) [INVWB-INVPUB]	<i>INVPRI</i>	107	0,15	0,06	0,03	0,32
Taux d'échange commercial en % du PNB	King et Levine (1993)	<i>COMMERCE</i>	112	0,61	0,32	0,13	1,83
Dépenses publiques par élève à l'éducation en % du PNB	Unesco (2004), Unesco (2005)	<i>DEPEDU</i>	151	4,63	2,03	1,1	11,2
Education des parents : nombre moyen d'années scolaires des personnes de 25 ans et plus	Barro et Lee (2001), Unesco (2004), Unesco (2005)	<i>ADEDU</i>	165	4,55	2,37	0,16	10,88

Salaire des enseignants au primaire en pourcentage du PIB par tête	Barro et Lee (1996), Unesco (2004), Unesco (2005)	<i>SHSALP</i>	131	2,72	1,65	0,40	9,60
Dépenses publiques au primaire par élève en pourcentage du PIB par tête	Barro et Lee (1996), UIS-Unesco (2006)	<i>DEPPRI</i>	156	15,63	9,43	2,27	49,76
Taux net de scolarisation au primaire	World Bank (2002)	<i>TNSPRI</i>	171	47,78	31,78	6,82	115,28
Taille des classes primaire	Barro et Lee (1996), Unesco (2004), Unesco (2005)	<i>TEAPRI</i>	173	28,16	13,71	6,1	74
Taux d'abandon scolaire	Barro et Lee (1996), Unesco (2004), Unesco (2005)	<i>DROP</i>	152	19,58	19,64	0	78,2
Taux de redoublement primaire	Barro et Lee (1996), Unesco (2004), Unesco (2005)	<i>REPPRI</i>	159	10,19	8,29	0	40,49